

УДК 658.512-52 + 621:658.562

УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВЫПУСКНОГО КЛАПАНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

Н.В. Сырейщикова

Приведены результаты внедрения системы статистического регулирования технологических процессов на примере одного вида продукции – выпускного клапана в условиях завода с использованием таких статистических методов менеджмента качества как: контрольные карты, контрольные листки, гистограммы, диаграммы Парето, ABC-анализ, диаграммы Исикавы, диаграммы последовательности.

Ключевые слова: статистическое регулирование, управление, технологический процесс, клапан, статистические методы, внедрение.

Любой технологический процесс для правильной его реализации и достижения поставленных результатов нуждается в грамотном управлении. На ОАО «ЧАМЗ» до настоящего времени система статистического регулирования продукции в процессе производства отсутствовала. Отделом технического контроля (ОТК) осуществлялся лишь контроль готовой продукции. Производилась лишь отбраковка, которая сама по себе не приводит к улучшению изделий: она лишь разделяет их на две группы: годных и негодных. Качество, как данной, так и будущих партий изделий не меняется, что влечет за собой большие издержки, связанные с дорогостоящим браком (затраты на ценные ресурсы, затраченные на изготовление: материальные, трудовые, энергоресурсы и т.д. – идут в отходы), а также сама система тотального контроля является дорогостоящей. В то время, как профилактика, то есть система мер, направленных на предотвращение появления некачественной продукции, ведет к улучшению качества будущих партий. В качестве таких предупреждающих мер для условий ОАО «ЧАМЗ» кафедрой технологии машиностроения ЮУрГУ предложен и выполнен проект по внедрению системы статистического регулирования технологическими процессами, позволяющей избежать производства негодной продукции. Система предполагает сбор информации о процессах и управление ими, вместо контроля уже готовой продукции. «Встраивание» регулирования качества в технологический процесс позволяет изменить процесс до того, как в нем создастся возможность изготовления дефектных изделий.

Проект статистического регулирования технологического процесса осуществлялся на примере клапана выпускного ОАО «ЧАМЗ» (рис. 1).

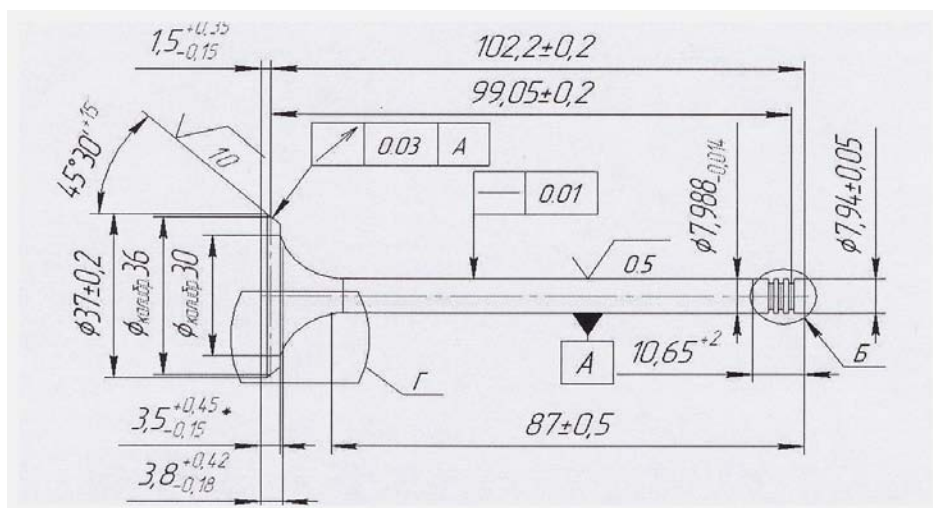


Рис. 1. Чертеж клапана впускного мод. 406

Проведенный анализ по установлению основного вида брака клапана осуществлялся на основе данных ежемесячных отчетов по качеству ОТК. Было произведено выделение немногочисленных наиболее часто встречающихся или наиболее существенных дефектов путем применения метода Парето. Выявленные типы дефектов впускного клапана (см. табл.) и разработанная по этим дефектам диаграмма Парето представлена на рис. 2.

Таблица

Данные по типам дефектов клапана впускного

Типы дефектов	Число бракованных изделий, шт.	Накопленная сумма числа дефектов, шт.	Процент брака по каждому виду дефекта в общей сумме	Накопленный процент
1. Брак по длине до калибровой линии (102,2-0,1)	4386	4386	49,442	49,442
2. Шлифовальные зарезы	1586	5972	17,878	67,320
3. Прослабленные клапана	1398	7370	15,760	83,080
4. Транспортный брак	550	7920	6,200	89,280
5. Токарные зарезы	411	8331	4,640	93,920
6. Тонкая тарелка	229	8560	2,644	96,563
7. Брак ТВЧ	204	8764	2,230	98,793
8. Прочие	107	8871	1,207	100,000
Итого	8871		100,000	

Проведенный ABC-анализ данной диаграммы Парето показал, что к группе А, содержащей небольшое число признаков, дающих большее число дефектов (около 70-ти процентов от общего числа бракованных из-

делий) относятся такие дефекты, как «брак клапана по длине до калибровой линии» (№ 1) и «шлифовальные зарезы» (№ 2); к группе В (промежуточная группа признаков) относятся такие дефекты, как «прослабленные клапаны» (№ 3), «транспортный брак» (№ 4), «токарные зарезы» (№ 5), остальные виды дефектов относятся к группе С, содержащей много малозначительных признаков. Таким образом, АВС-анализ определил основной вид дефекта впускного клапана – «брак клапана по длине до калибровой линии».

Для выяснения причин возникновения данных видов брака (прежде всего, основного) был проведен анализ на основе применения причинно-следственной диаграммы, так называемой диаграммы «рыбий скелет». Составленная диаграмма Исикавы по выявлению причин появления дефектов клапана показана на рис. 3.

Результаты проведенного анализа по методу Исикавы позволили сделать выводы о приоритетности влияния выделенных факторов на появление брака. Так как производство клапана ведется на автоматической линии, то влияние человеческого фактора на появление дефекта по длине изделия было определено как наименее вероятное. Материалы также были признаны не оказывающими первостепенного влияния, так как процесс входного контроля материалов на предприятии осуществляется достаточно тщательно.

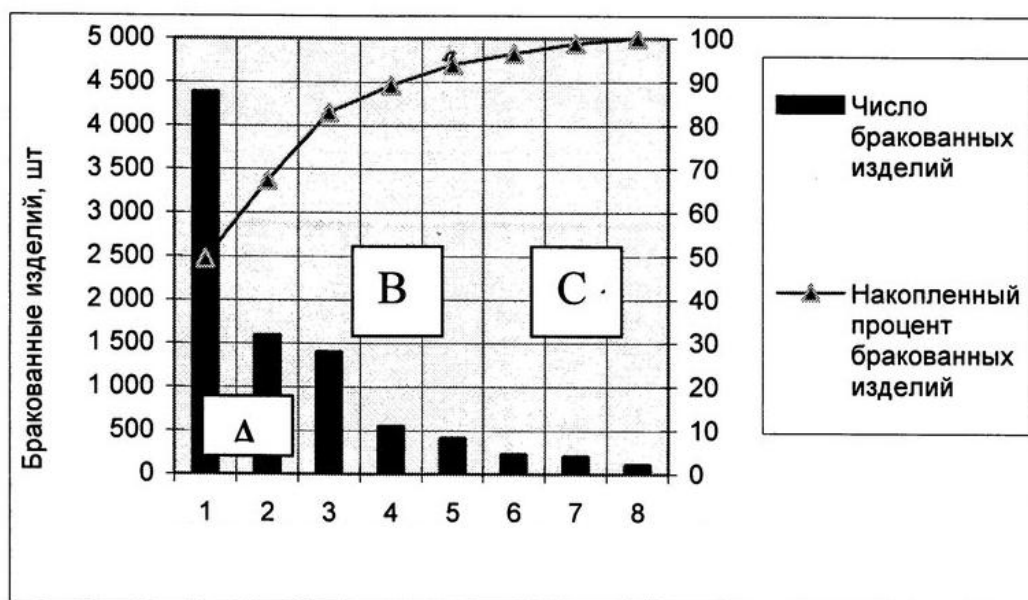


Рис. 2. Диаграмма Парето по видам брака клапана впускного

Факторы окружающей среды также не могли оказывать существенного влияния на качество продукции, так как по данным отдела охраны труда все показатели микроклимата в процессе производства и контроля явля-

лись удовлетворительными. После отделения неглавных факторов, были выделены следующие причины, способные существенно повлиять на качество изделия в целом и на появление исследуемого дефекта в частности: они связаны с технологическим методом и со средствами технологического оснащения. Анализ возможностей технологического процесса выполнять требования рабочего чертежа детали показал, что оборудование на данной автоматической линии является физически устаревшим и не всегда способно обеспечить заданную точность на технологической операции. Основной причиной брака клапанов была признана нестабильность условий обработки на некоторых операциях и требование периодической подналадки оборудования.

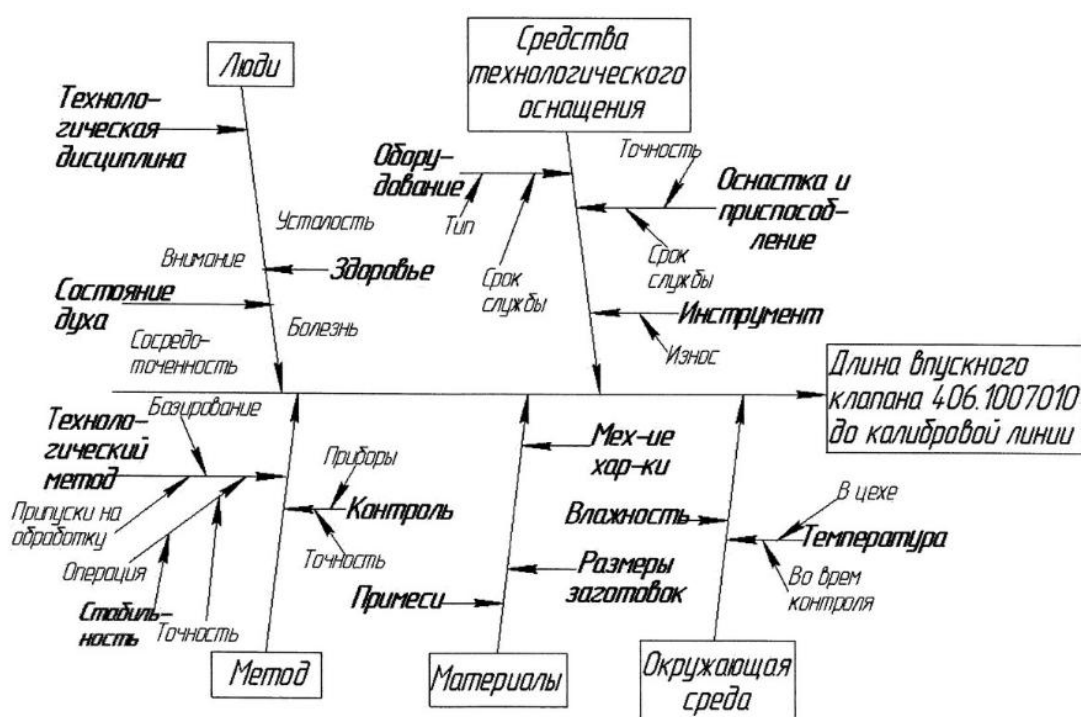


Рис. 3. Диаграмма Исикавы причин появления дефектов клапана

Для поддержания стабильности и определения причин вариабельности технологического процесса изготовления впускного клапана, было принято решение о введении статистического регулирования тех технологических операций, которые оказывают прямое или косвенное влияние на формирование его линейного размера.

Выбор конкретных операций, как объектов статистического регулирования, был осуществлен исходя из следующего.

1. Линейные размеры клапана формируются при токарной обработке торца стержня и торца тарелки клапана; при шлифовальной обработке торца стержня клапана; при обработке конуса головки клапана, которая влияет на смещение калибровой линии.

2. Последней операцией, на которой осуществляется шлифование конусной поверхности головки клапана, является операция 085-круглошлифовальная. На операции 060-специальной торцешлифовальной также происходит формирование окончательной длины клапана до калибровой линии, так как обработанный торец является базовой поверхностью на операции 085. Именно операции 060 и 085 были признаны критическими в силу предъявляемых к ним высоких требований при обработке и нестабильного состояния оборудования, требующего постоянной подналадки.

Осуществлена оценка точности данных технологических операций (060 и 085) последующим основным исходным данным: характеристикам технологического оборудования и оснастки; параметрам точности заготовки на входе проверяемой операции; предельным значениям параметров изготавливаемой продукции; точностным характеристикам используемых средств контроля (погрешность средств измерения не более 20–35 % допуска контролируемого параметра); данным о нарушениях технологической дисциплины. Перед началом проведения оценки точности была обеспечена подготовка операции на соответствие требованиям технологии, были проверены: соблюдение режимов обработки; наличие и соответствие оснастки, режущего и мерительного инструментов; исправность технологического оборудования; соответствие квалификации персонала. По данным контроля продукции, полученной в ходе проверки, оценка точности операций осуществлялась с использованием гистограмм по количественным данным и расчета показателей точности процесса.

По результатам анализа полученных показателей точности операция 060 признана годной для осуществления ее статистического регулирования. Полученное значение индекса воспроизводимости хотя и меньше единицы, но очень близко к ней; а показатель работоспособности позволил определить, что значения исследуемого параметра немного смещены к верхней границе поля допуска. После выполнения корректирующих мероприятий, назначенных в акте проверки технологической точности и направленных на устранение этих явлений, операция признана способной обеспечить заданную точность.

При оценке операция 085 была признана негодной, не способной обеспечить заданную на операции технологическую точность. Полученное значение индекса воспроизводимости процесса было очень мало ($C_p=0,6$), значение индекса работоспособности ($C_{pk} = 0,3157$) показало наличие очень сильного смещения среднего выборочного значения относительно поля допуска. Доля деталей со значениями исследуемого параметра, выходящими за границы поля допуска, составила при такой настроенности оборудования 17,51 %, что являлось значительным показателем дефектности. В акте проверки операции 085 на технологическую точность были определены следующие корректирующие мероприятия: 1 провести наладку оборудования для приближения линейного размера 102,2–0,1 к середине поля

допуска; 2 проверить фиксацию зажима клапана (загрузку клапана в цангу, реле давления масла, состояние упора и цанги); 3 проверить работоспособность шлифовального круга. По результатам повторной проверки после выполнения корректирующих мероприятий операция 085 была признана годной для осуществления ее статистического регулирования.

Статистическое регулирование технологического процесса осуществлялось введением периодического контроля выбранных технологических операций и анализа результатов измерений методом контрольных карт (карт управляемости). Процесс построения контрольных карт визуализирован диаграммой последовательности, приведенной на рис. 4.

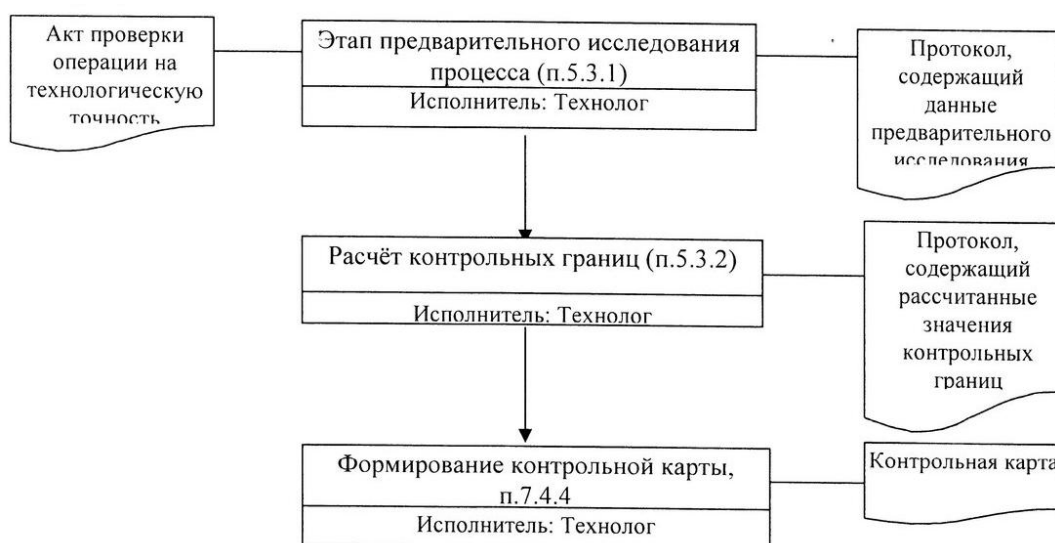


Рис. 4. Процесс построения контрольных карт

Для анализа информации о текущем состоянии технологических операций 060 и 085, полученной по выборкам, использовались пары контрольных карт: \bar{x} и R-карты, где \bar{x} – это среднее значение небольшой подгруппы, мера положения, R – размах значений внутри каждой подгруппы, мера разброса [1]. На основе данных рассчитывались пробные контрольные границы, которые изображаются на карте как направление для анализа. Для вычисления контрольных границ контрольных карт на операциях 060 и 085, было отобрано по шесть выборок объемом 15 изделий. Рассчитывались средние выборочные значения \bar{x} и стандартные выборочные отклонения S. Чтобы определить, насколько средние и размахи подгрупп могут изменяться, если присутствуют только обычные причины изменчивости, рассчитывались контрольные границы. Они основаны на объеме подгрупп и на величине изменчивости внутри подгруппы, отражаемой размахами.

Распределение параметров процесса, которое остается стабильным и находится внутри контрольных пределов, будет удовлетворительным, только если контрольные границы лежат внутри допуска [2].

Анализ контрольных карт для операции 060 выявил особые причины вариабельности процесса, и были разработаны корректирующие мероприятия по их устранению. 1 Средние выборочные значения выборок с 1 по 7 в контрольной карте представляли серию точек, расположенных ниже среднего значения процесса. Было установлено, что возможной причиной является несовершенство контроля измеряемого параметра. Контроль осуществлялся работником, в чьи должностные обязанности не входят данные функции. После поручения контроля работнику ОТК среднее выборочное значение приблизилось к центральной линии, что показало о правильности определения источника особой вариации. 2 Средние значения выборок с 9 по 11 были расположены слишком близко к нижней контрольной границе. После измерения значений выборки 10 и занесения их в контрольную карту, процесс производства на этой операции был приостановлен для выяснения причин того, почему среднее значение этой выборки оказалось меньшим нижней контрольной границы. Совместно с наладчиком была установлена наиболее вероятная причина – недостаточное натяжение цепей прижимающих заготовку. При измерении деталей выборки № 9 этому явлению не было уделено достаточного внимания по причине того, что измерения проводились в начале смены, то есть оказал влияние человеческий фактор 3. На второй контрольной карте выборки № 10 были показаны плохие результаты: наблюдался резкий выпад среднего значения выборки. Предположительно, причиной возникновения несоответствий был назван износ торцовых упоров. Результаты следующей выборки, произведенной после выполнения корректирующих мероприятий (шлифование торцовых упоров) оказались неудовлетворительными. Было установлено, что причиной низкого значения выборки стала засоренность клапана на распределителе воздуха, который оказывал влияние на силу натяжения прижимных цепей. Была назначена чистка клапана. В процессе анализа контрольных карт для операции 085 также были выявлены особые пять причин вариабельности процесса и разработаны корректирующие мероприятия по их устранению.

При внедрении и осуществлении в течении года статистического регулирования технологического процесса изготовления клапана сократились потери предприятия от внутренних и внешних отказов (на 23,69 %) (см. рис. 5 и 6). Затраты на предупреждение и контроль увеличились на 10–15 %, так как при внедрении требовались достаточно большие первоначальные затраты (на обучение, контрольное оборудование, организационную технику).

Внедрение результатов данного проекта принесло предприятию следующие выгоды: сокращение численности контролеров, осуществляющих тотальный контроль готовой продукции; сокращение потерь от брака путем выявления дефектов на ранней стадии производства; возможность быстрого регулирования оборудования, условий производства на технологической операции в случае появления каких-либо несоответствий до выхода

процесса из-под контроля; выявление общих и специальных причин вариативности технологического процесса, выработка на основе этого различных типов управленческих решений.

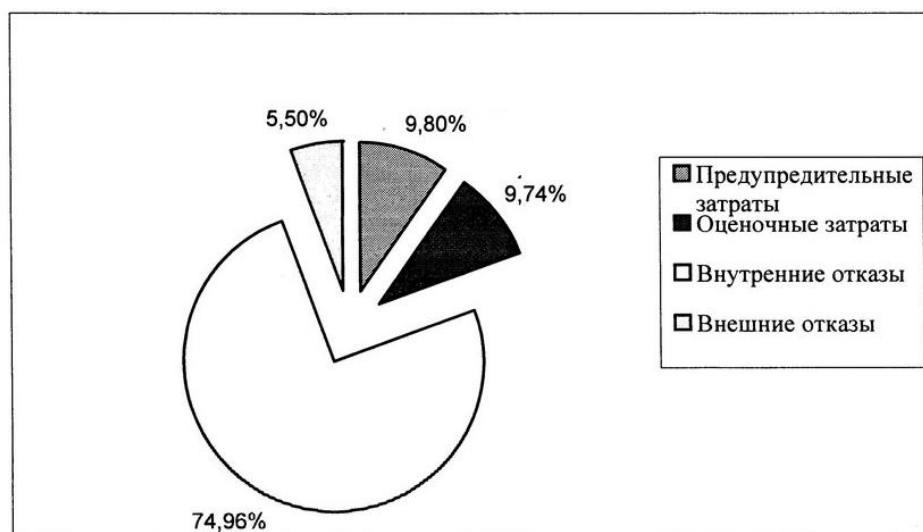


Рис. 5. Диаграмма соотношения затрат на качество до внедрения

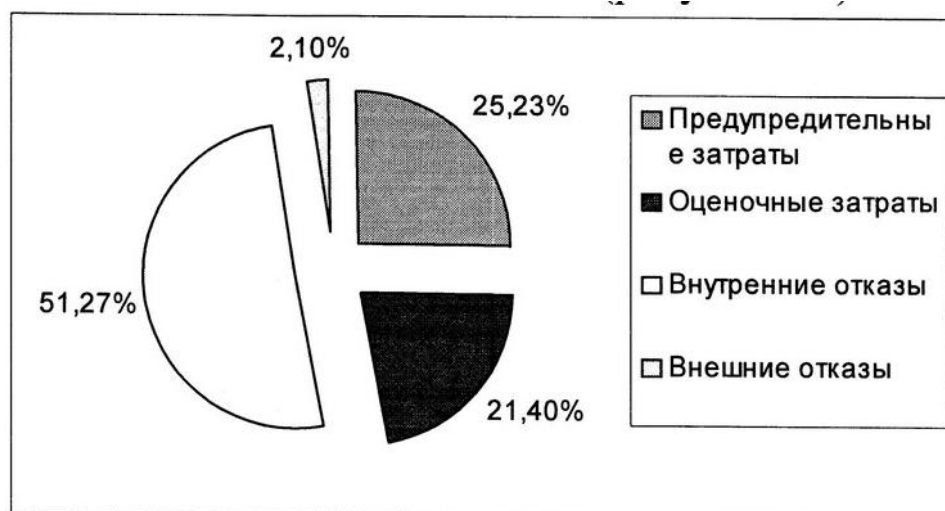


Рис. 6. Диаграмма соотношения затрат на качество после внедрения

Библиографический список

1. Адлер, Ю.П. Управление качеством. Часть 1: Семь простых методов: учебное пособие для вузов / Ю.П. Адлер, Т.М. Полховская, В.Л. Шнер. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: МИСиС, 2010. – 139 с.
2. Сырейщикова, Н.В. Статистические методы в управлении качеством: учебное пособие / Н.В. Сырейщикова, А.Х. Нуркенов. – Челябинск: Изд. центр ЮУрГУ, 2015. – 60 с.

[К содержанию](#)